

DGPS/IMU 결합에 의한 동적위치결정의 정확도 향상

백기석* · 박운용* · 홍순현**

*동아대학교 토목공학부

**부산대학교 산업토목학과

Improvement of Accuracy on Dynamic Position Determination Using Combined DGPS/IMU

Kisuk Back*, Unyong Park* and Soonheon Hong**

*Dept. of Civil Eng., Dong-A University, Korea

**Dept. of Civil Eng., Pusan National University, Korea

요 약 본 연구에서는 AHRS IMU 센서를 이용하여 동적 위치 결정을 위해 초기화 시험을 실시하여 회귀분석을 통해 시간에 대한 이동체의 자세 보정각에 대해 유도하였으며, 동체 방향(Heading)각의 경우 60sec를 지난 후 1°이내의 변동률로 안정되는 것을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 개할지와 준개할지로 구분하여 각 시스템 단독으로 동적 위치결정을 실험한 결과 개할지의 DGPS 단독 시스템인 경우 정확도 면에서는 우수하였지만 데이터 취득이 미비하여 이동간 거리가 12m 내외임을 알 수 있었으며, DGPS/IMU 결합 시스템의 경우 정확도와 데이터 취득 및 이동간 거리가 0.3m 내외임을 알 수 있었다. 준개할지에서 DGPS 단독 시스템의 경우 데이터 취득이 불가능한 곳을 제외하고 평균과 표준 오차를 구한 결과 DGPS < FIMU < DGPS/IMU 순으로 정확도가 우수한 것을 알 수 있었으며 이동간 거리는 개할지와 마찬가지로였다. 그리고 DGPS의 경우 데이터 취득이 불가능한 곳을 여러 구간으로 비교하였을 때 DGPS 단독 시스템의 경우 최대 41.5m 가량 궤적에서 벗어나지만 결합 시스템의 경우 최대 2.2m 이내에 궤적을 구할 수 있었으며, 평균과 표준 오차를 크게 향상시킬 수 있었다. 이러한 항법 시스템을 결합하여 측량분야에 응용해 수치도화 작업내규의 지도에서 위치오차 0.2mm 오차와 비교하였을 때 축척 1 : 1,000 수치지도 작업까지도 가능한 것을 알 수 있었다.

주요어 DGPS, AHRS IMU, DGPS/IMU 결합 시스템, 동적 위치 결정

ABSTRACT This study conducted an initialization test to decide dynamic position using AHRS IMU sensor, and derived attitude correction angles of vehicles against time through regression analysis. It was also found that the heading angle was stabilized with variation less than 1° after 60 seconds. Using these angles, this study carried out an experiment on the determination of dynamic position for each system in the open sky and in a semi-open sky. According to the results, in the open sky, DGPS alone systems were excellent in accuracy but poor in data acquisition, so the moving distance was around 12m. In DGPS/IMU combined system, accuracy and data acquisition were satisfactory and the moving distance was around 0.3m. In a semi-open sky, DGPS alone systems were excellent in accuracy in order of DGPS < FIMU < DGPS/IMU according to average and standard errors obtained with exclusion of places where data were not be obtained. The moving distance was the same as that in the open sky. For DGPS, when places where data were not obtainable were divided into Several block and they were compared, the maximum deviation from the trajectory was up to 41.5m in DGPS alone system, but it was less than 2.2m and average and standard errors were significantly improved in the combined system. When the navigation system was applied to surveys and the result was compared with position error 0.2mm under the guideline for digital map, it was possible to work on maps on a scale of up to 1 : 1,000.

Key words DGPS, AHRS IMU, DGPS/IMU combined system, Determination of dynamic position

Corresponding Author : 홍순현(hongsh@pusan.ac.kr)

원고접수일 : 2006년 10월 4일 게재승인일 : 2006년 11월 2일

1. 서론

인간이 활동하기 시작한 이후 원하는 위치에 정확히 가고자 하는 노력은 지금까지 계속되고 있다. 이를 위해 주위에 알려진 상대적인 지형 지물의 위치를 파악하여 자신의 위치를 짐작하기도 하고, 하늘의 별을 관측하여 고도, 각, 시간 등을 구하기도 하였다. 이 후, 방향과 거리 측정이 가능해짐에 따라 자신의 움직임을 지도에 표시하여 현재의 위치를 추측하는 방법이 도입되었다. 이와 같이 방법은 한 지점으로부터 목적지까지 도달할 수 있게 해주는 기술이라 할 수 있으며, 최근 전자 장비의 발달로 인해 자동 항법 장치와 제어시스템이 비행물체를 비롯한 각종 이동체에 적용되고 있다. 이러한 시스템들은 운반체의 운동학적 정보인 현재 위치, 속도 및 자세를 생성하는 항법 체계가 필요하다. 대표적인 항법체계로는 범지구 위치결정 시스템(GPS : Global Positioning System)과 관성항법시스템(INS : Inertial Navigation System)을 들 수 있다.

Transit 위성의 단점을 보완하기 위하여 미 국방성에서 구축한 위성 기반의 전파항법시스템 GPS는 명확한 오차의 정보를 생성할 수 있으며 정확한 위치 및 속도 정보를 제공한다. 일반적으로 1Hz 이상의 낮은 자료 전송 속도로 정보를 생성하므로 동적 위치 결정에 있어 이동체의 속도에 제한을 받는다. 또한 GPS 다중 안테나를 사용한 경우를 제외하고는 자세결정에 어려움이 따른다.

MEMS AHRS(Attitude Heading Reference System) IMU는 관성좌표계에서 높은 정보 전송 속도로 외부의 도움 없이 항체의 위치, 속도와 자세를 구할 수 있는 장점이 있으나, 사용시간에 따라 오차가 누적되므로 단독으로 사용하기에는 아직 성능이 만족스럽지 못하며 항법 성능을 향상시키기 위하여 비관성 센서와 통합할 필요가 있다.

본 연구에서, GPS 사용의 경우 단일 수신기의 자세결정의 경우 가시성을 좌우할 수 있는 주위환경에 의해 발생하는 다중경로(Multipath), 신호차단(Cycle Slip) 등의 우연오차를 결정하지 못하며, 이동체의 속도보다 떨어지는 낮은 자료 전송 속도(1Hz 이상)로 정보가 생성되기 때문에 정확한 동적 위치결정이 불가능하므로 이에 외부의 도움 없이 높은 자료 전송속도(100Hz 이상)로 자세, 위치, 속도 정보를 제공하고 저가인 MEMS 기반의 AHRS IMU는 동체 방향(Heading)각을 부가하여 보

다 정확한 이동체의 자세와 동적 위치 결정을 구현하고자 하였다. 여기서, AHRS IMU의 시간에 따른 Roll, Pitch 각에 대한 특성 방정식을 구하고 DGPS와 IMU 단독 시스템 그리고 결합 시스템으로 실험 대상에 최적의 궤적을 관측하여 이동체 동적 실험을 통해 각 시스템 별 잔차의 평균과 표준오차를 구하여 동적 위치 결정의 정확도를 국토지리정보원 수치지도작성 작업내규에 의한 수치도화 표준오차를 이용하여 비교 분석하여 적용가능성에 대해 연구하였다.

2. AHRS IMU TEST

본 연구는 자이로스코프의 회전각률과 가속도계에서 얻을 수 있는 가속도를 가지고 특성을 분석하며, 신뢰할 수 있는 초기화 시간을 제시한다. 또한 초기화 후 다시 센서에 힘을 가하여 초기화 경향을 파악하고 위성항법 시스템인 GPS의 자료 취득률이 1Hz보다 많은 관성센서의 최적의 자료 전송률을 선택하여 실제 현장 실험 시 그 신뢰도를 확보하려 한다. 이동체의 자세각 관측 결과와 정적인 상태에서의 자세각 잔차 보정식을 구하기 위해 초기화 시험을 통하여 Roll, Pitch 각 잔차에 대하여 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석은 선형회귀분석, 2차 다항식 회귀분석, 역사인 회귀분석을 수행하였다. 선형 회귀분석의 결과는 결정계수와 수정결정계수로 구분되나 본 실험에서는 결정계수만을 나타내었다. 회귀분석을 통해 가장 큰 결정 계수값을 갖는 회귀분석은 모두 2차 다항식 회귀분석으로 나타났고, 이에 의한 회귀 방정식을 다음과 같은 시간에 대한 Roll과 Pitch에 대한 이동체 자세각 잔차 보정식으로 유도할 수 있었다. x 는 관측 시간, y 는 자세각 잔차를 나타낸다.

$$R: y = (1.3047 \times 10^{-6})x^2 - (0.6 \times 10^{-5})x + 0.0121$$

$$P: y = (1.8924 \times 10^{-6})x^2 - (0.6 \times 10^{-7})x + 0.0243$$

2.1 정적상태의 안정성 실험

초기 상태의 안정성 실험을 위한 정적 상태를 나타내기 위해 Fig. 1에는 Roll 각과 Table 1에는 2차 다항식 회귀분석을 실시한 결과를, Fig. 2에는 Pitch 각과 Table 2에는 2차 다항식 회귀분석을 실시한 결과를 나타내었다. 그리고 Fig. 3에는 Heading 각을 도시하였으며, Fig.

4에는 X축 가속도, Fig. 5에는 Y축 가속도를, 그리고 Z축의 가속도를 Fig. 6에 도시하였다. 본 실험은 평균은 24.9°C에서 초당 57~58개의 데이터를 5분 가량 실시하여 17,250개의 데이터를 취득할 수 있었다.

그림과 같이 정적인 상태에서의 최대 최소값은 Roll 각 $-0.011 \sim -0.268\text{deg}$, Pitch 각 $-0.259 \sim 0.107\text{deg}$, Heading(Yaw)각 $129.809 \sim 126.161\text{deg}$ 를 얻을 수 있었다. 특히 Heading 각은 60sec를 지난 후의 데이터를 다시 분석하여 보았더니 $126.161 \sim 126.804\text{deg}$ 로 안정성을 찾았다. 가속도계에서 출력되는 삼축의 가속도 최대 최소값은 X축 가속도에서 $0.0220 \sim 0.0275\text{g}$, Y축 가속도에서 $-0.0105 \sim 0.0064\text{g}$, Z축 가속도에서 $1.0139 \sim$

0.9943g 인 것을 알 수 있다. 정적 상태의 안정성 실험을 통해 Roll 각과 Pitch 각은 앞에서 논한 보정식을 취득할 수 있었으며, 가속도의 경우에는 크게 변화가 일어나지 않았다. 단지 Heading 각에서 대략적으로 1분이 지난 후

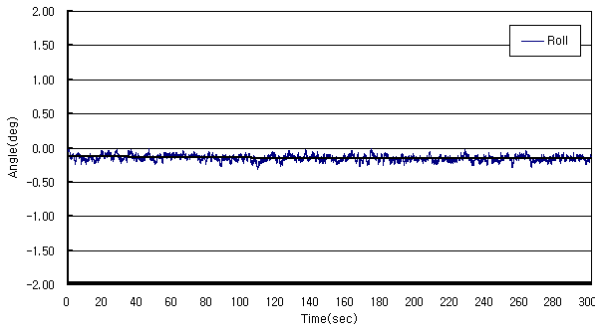


Fig. 1 Initialization Test-Roll angle.

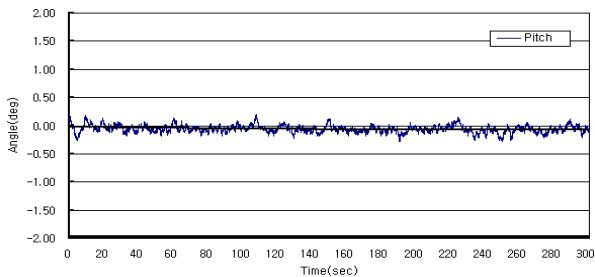


Fig. 2 Initialization Test-Pitch angle.

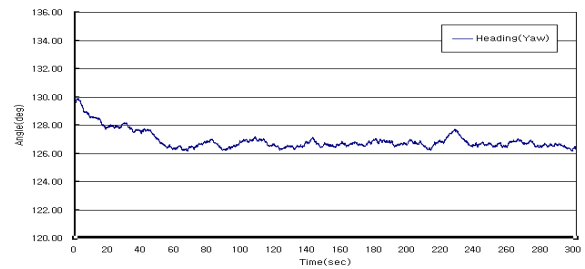


Fig. 3 Initialization Test-Heading angle.

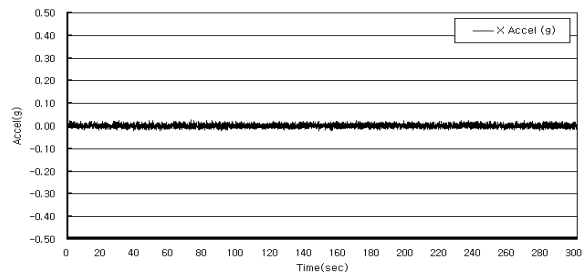


Fig. 4 Initialization Test- X axis accel.

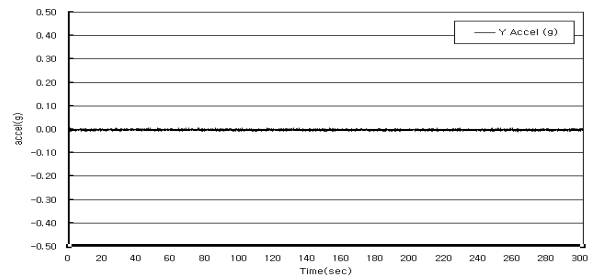


Fig. 5 Initialization Test-Y axis accel.

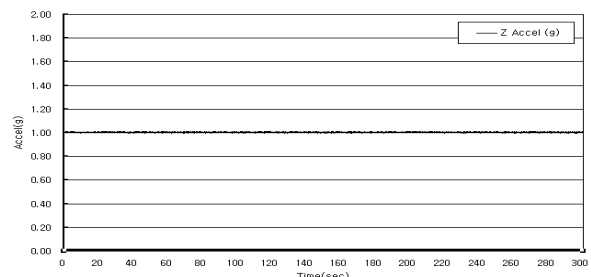


Fig. 6 Initialization Test-Z axis accel.

Table 1 Result of Regression Analysis using Quadratic Equation (Roll).

Number of Data Used	17,250
R^2	0.9682

Table 2 Result of Regression Analysis using Quadratic Equation (Pitch).

Number of Data Used	17,250
R^2	0.9592

에 초기화과정을 거친 후 이동체에서의 Heading 각을 취득해야 할 것으로 사료된다.

2.2 동적 상태의 안정성 실험

본 실험은 한시적인 힘을 가한 후 다시 정적인 상태로 반복적으로 행하였을 때 출력데이터에 자세각 잔차 보정식을 적용하여 초기화 실험을 한 결과로 Fig. 7에는 Roll 각과 Fig. 8에는 Pitch 각 그리고 Fig. 9에는 Heading 각을 도시하였으며, Fig. 10은 X 축 가속도, Fig. 11에는 Y 축 가속도 그리고 Fig. 12에는 Z 축 가속도를 도시하였다.

그림과 같이 한시적인 힘을 가한 후 초기화 실험은 앞

서 정적인 상태에서 최대 최소값 범위까지 떨어지는 시간을 알아보고 안정성을 검토하였다. 자세각인 Roll, Pitch 각은 힘을 가한 후 1~2초 후 곧바로 안정을 찾을 수 있었으며, Heading 각은 25Hz 부분 즉 0.5초 후부터 바로 안정을 찾았다. 그리고 삼 축의 가속도는 모두 1초 이내에 안정성을 찾았다. 동적 상태의 안정성 실험을 통해 IMU 단독으로 동적 위치 결정 시 진행 상태에서 정지 상태가 되더라도 정지 상태의 안정성 실험을 통해 얻은 보정식을 이용하여 자세각을 보정하고 가속도 데이터를 취득하였을 때 안정적인 데이터를 취득 할 수 있을 것으로 사료된다. 이를 바탕으로 실험 대상지를 선정하여 현장에 적용하여도 무방한 것을 알 수 있었다.

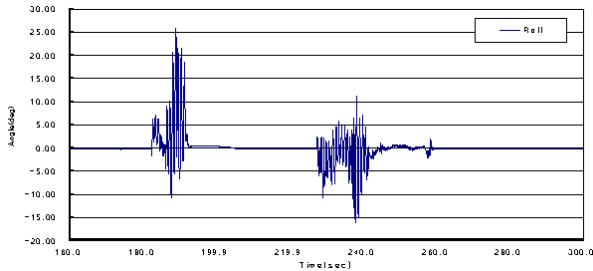


Fig. 7 Initialization Test-Roll angle.

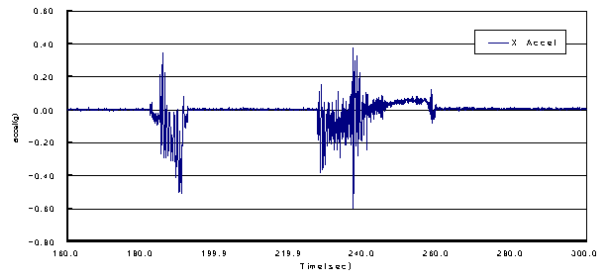


Fig. 10 Initialization Test-X accel.

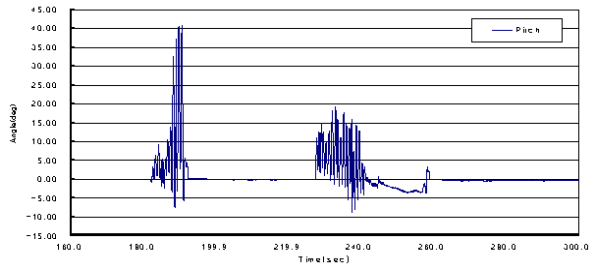


Fig. 8 Initialization Test-Pitch angle.

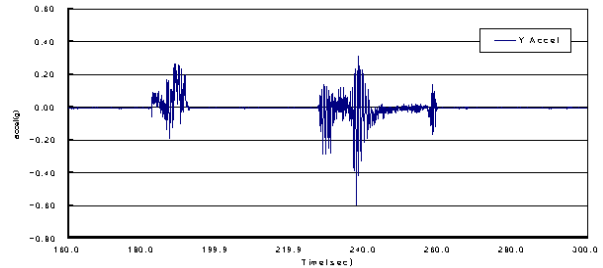


Fig. 11 Initialization Test-Y accel.

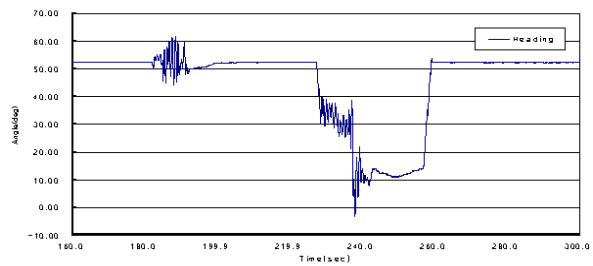


Fig. 9 Initialization Test-Heading angle.

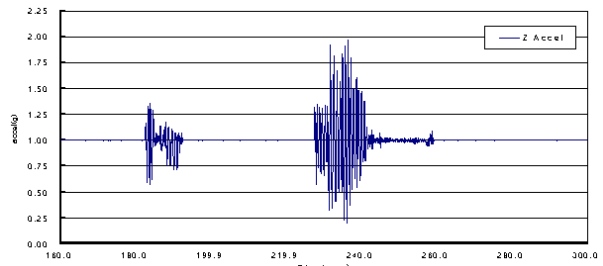


Fig. 12 Initialization Test-Z accel.

3. 현장관측 및 분석

3.1 DGPS 관측

GPS 장비를 이용하여 단독 동적 위치 결정 실험을 위해 2차원 위치 정확도가 우수한 DGPS 기법을 이용하였다. 실험 대상지는 최근에 택지가 조성된 곳을 선정하였으며, 개할지와 건물, 지장물이 있는 준개할지로 구분하였다.

이 두 가지의 성질을 구분하여 적당한 곳을 선정하여 TS이용, 최적의 궤적을 선택 관측하여 최확값으로 설정하고 실시간으로 데이터를 취득하였으며 이동체의 위치 정확도를 실험하였다. Fig. 13은 3차원 측량기를 이용해서 구한 궤적을 도시한 것이다.

본 실험에서는 GPS 단독 실시간 DGPS 기법으로 수신기의 모뎀을 이용하여 기지국에 설치된 무선 안테나를 통해서 스펙트럼 확산 통신(Direct Spread Spectrim) 방식으로 코드, 반송파 위상 또는 보정량 등을 이동국으로 전송하여 이동국의 수신기에서 실시간으로 이동국의 보정위치를 산출하는 기법을 이용하였다. 휴대용 컴퓨터를 이용해서 해양 기자재들 간의 통신을 위한 전기적 인터페이스 및 데이터 프로토콜인 NMEA의 GGA(Global Positioning System Fix Data)로 ASCII형태로 출력하였다. 관측 데이터는 Epoch 1초로 하여 자료를 취득하였다. Fig. 14는 개할지에서 관측한 결과를 나타내고 있으며 1S~16S는 이동체의 궤적 순서이다.

여기서 개할지에서의 자료 취득율은 평균 차량 속도가 40km/hr로 한 측점 당 거리가 초당 10~13m 정도 이동하였고 차량의 속도와 상관없이 모든 데이터가

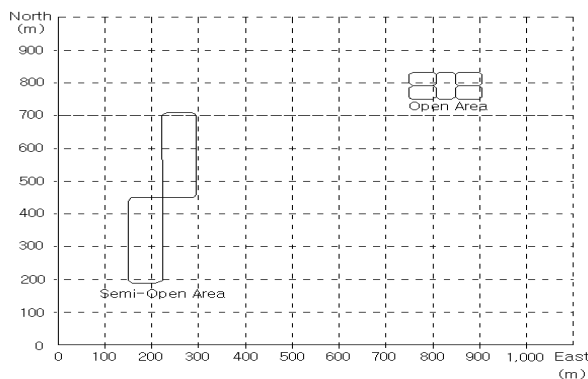


Fig. 13 Trajectory of Vehicle Using TS.

DGPS-Fix 해를 얻었다. 평균 위성 수는 7개 이상을 수신하였으며, HDOP은 평균 0.9정도로 아주 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

Fig. 15는 준개할지의 관측결과를 나타내고 있으며, 건물이나 지장물에 의한 구간 A, B, C를 제외하고는 개할지와 마찬가지로 우수한 데이터를 취득할 수 있었다. 하지만 A, B, C구간에서 데이터 취득에 있어서 신호의 차단 후 재 초기화 과정에서 차량의 속도를 급속도로 줄여야만 자료를 취득할 수 있었다.

A구간에는 높이 15m 가량의 건축물과 3m 가량의 공장이 있었으며, B구간에는 높이 20m 가량의 건축물, C구간에는 높이 12m 가량의 건축물이 있었다. 각 구간에 최적의 궤적을 기준으로 DGPS에 의해 취득된 데이터와

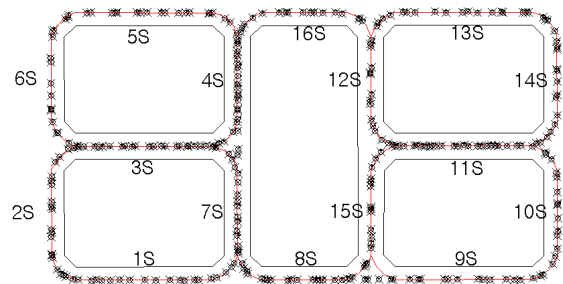


Fig. 14 Trajectory of Open Area.

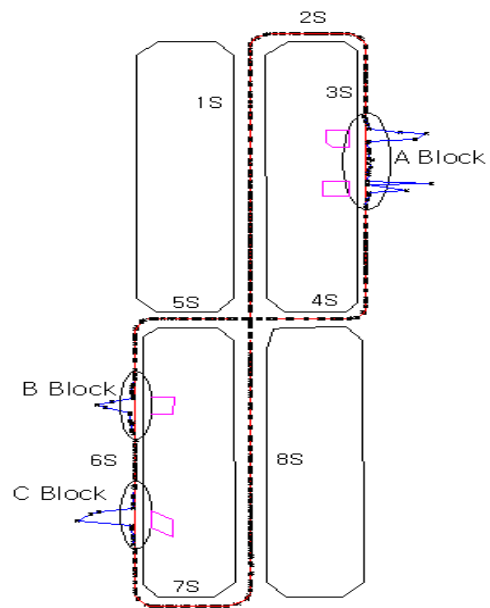


Fig. 15 Trajectory of Semi-Open Area.

의 잔차에 대한 평균과 표준오차(Root Mean Square Error : RMSE)로 구분하여 Table 3에 나타내었다.

자료 취득은 개할지의 경우 중복된 거리를 포함하여 총 1km 정도였으며 데이터 취득이 113개였고, 준개할지의 경우는 중복된 거리를 포함하여 총 1.4km 정도이며 데이터 취득은 186개였다. 특히 지장물이 있거나 건물에 있을 때는 기지국의 신호가 차단되지 않기 위해 저속으로 이동체를 운행하였다. 준개할지에서 크게 중앙을 벗어나는 A, B, C 구간을 분리해서 최적의 궤적에 대한 잔차의 평균과 표준오차 그리고 위성 수와 수평정확도를 나타내는 수평 위치정밀도 저하율을 구분하여 Table 4에 나타내었다.

준개할지의 세 곳에서는 차량의 속도를 감속하여 10~15km/hr로 이동하였으며, 측정 간 초당 간격은 2~3m 정도였다. 그리고 HDOP은 불안정하고 데이터의 질 또한 단독 측위 혹은 DGPS-Float인 것을 알 수 있었다.

Table 3 Mean and RMSE of Test Area.

	Open Area		Semi-Open Area	
	Mean(m)	RMSE(m)	Mean(m)	RMSE(m)
1section	0.007	0.046	-0.147	0.021
2section	-0.038	0.037	-0.244	0.068
3section	-0.014	0.027	-1.015	0.204
4section	-0.137	0.040	-0.043	0.038
5section	-0.016	0.019	-0.269	0.087
6section	-0.029	0.082	1.098	0.213
7section	-0.108	0.049	-0.040	0.042
8section	-0.062	0.054	-0.005	0.018
9section	-0.062	0.039		
10section	-0.057	0.073		
11section	-0.034	0.024		
12section	-0.007	0.064		
13section	-0.035	0.035		
14section	-0.032	0.051		
15section	0.017	0.030		
16section	0.033	0.046		

Table 4 Mean, RMSE, sN and HDOP.

	Mean(m)	RMSE(m)	sN(EA)	HDOP
A구간	3.272	0.522	7.038	8.963
B구간	2.220	0.584	7.500	5.877
C구간	1.827	0.555	8.000	6.941

3.2 AHRS IMU 관측

본 실험은 개할지에서 삼 축의 자세 및 Heading 각, 가속도 값을 동시에 출력하여 디지털 데이터를 취득하였으며, 데이터는 AHRS IMU 단독으로 칼만 필터로 처리하여 시간에 대한 초기값 특성 방정식을 적용하였다.

각 축의 회전률을 Fig. 16, 17에 도시하였다. 또한 수치지도에 접목하기 위해 초기값을 적용하여 이동체의 2D 위치 궤적을 Fig. 18에 도시하였다. 그리고 준개할지에서도 개할지와 마찬가지로 데이터는 AHRS IMU 단독으로 칼만 필터로 처리하여 시간에 대한 초기값 특성 방정식을 적용하고, 각 축의 회전률을 Fig. 19와 20에 도시하였다.

또한 수치지도와 최적의 궤적 관측값에 접목하기 위해 초기값을 적용하여 이동체의 2D 위치 궤적을 Fig. 21

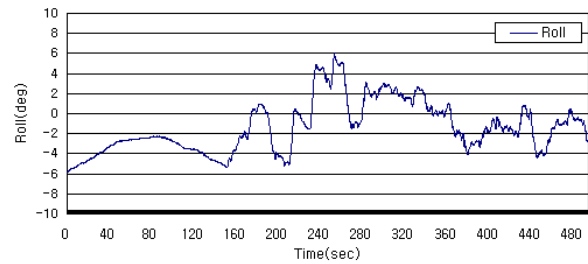


Fig. 16 Roll angle of Open Area.

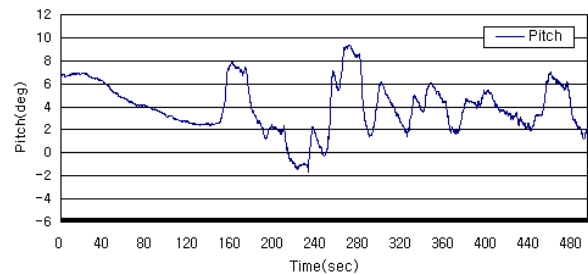


Fig. 17 Pitch angle of Open Area.

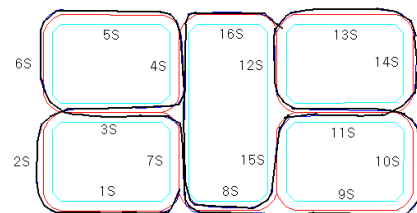


Fig. 18 Trajectory of Open Area.

에 도시하였다. AHRS IMU에서 센서에 대한 9가지 분야 즉 삼 축의 선형화된 가속도 및 회전각의 자기력 측정이 가능한 시스템으로 내부에 온도 센서가 장착되어 있어 칼만 필터가 내장된 알고리즘을 통해 측정되었으

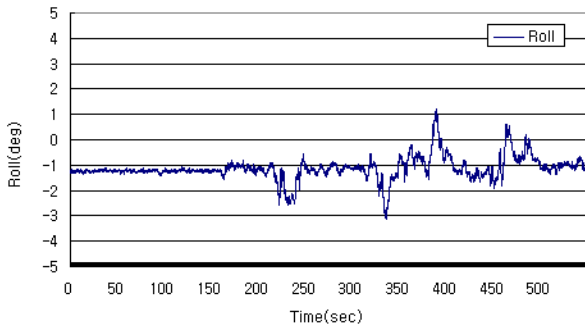


Fig. 19 Roll angle of Semi-Open Area.

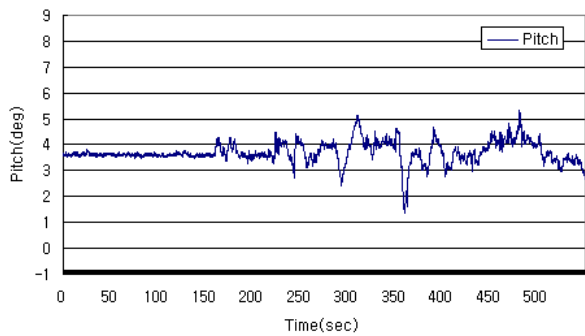


Fig. 20 Pitch angle of Semi-Open Area.

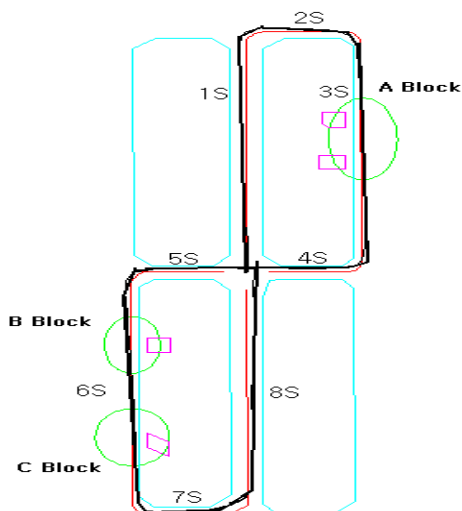


Fig. 21 Trajectory of Semi-Open Area.

므로 별도의 외부 신호 없이도 동적 상태 변화에 대하여 자동적으로 조정 보상되어진 데이터를 이용하여 처리한 데이터를 다음과 같이 도시하였으며 아래의 Table 5와 같이 개할지와 준 개할지로 구분하여 전체의 관측치에 최적 궤적 관측값에 대한 잔차의 평균과 표준오차를 나타내었다.

Table 5 Mean and RMSE of Test Area.

	Open Area		Semi-Open Area	
	Mean(m)	RMSE(m)	Mean(m)	RMSE(m)
1section	0.157	0.135	-0.108	0.187
2section	-0.128	0.181	0.134	0.209
3section	-0.224	0.228	-0.234	0.294
4section	-0.259	0.257	-0.249	0.328
5section	-0.328	0.294	0.328	0.495
6section	-0.399	0.309	0.397	0.508
7section	0.408	0.392	-0.494	0.591
8section	0.392	0.411	-0.538	0.645
9section	-0.402	0.437		
10section	-0.454	0.419		
11section	0.486	0.490		
12section	-0.507	0.479		
13section	0.531	0.508		
14section	-0.588	0.565		
15section	0.612	0.597		
16section	0.633	0.691		

두 실험 대상지에서 이동체의 속도는 평균 45km/hr로 한 측정 당 거리가 초당 대략적으로 0.2~0.3m 정도 이동한 것을 알 수 있었다. 개할지에서는 DGPS 단독 동적 위치 결정 시 잔차에 대한 평균과 표준오차가 더 우수한 것을 알 수 있었으며, 준개할지의 경우에는 FIMU 단독 시스템의 경우가 A, B, C 구간을 모두 포함하여 잔차에 대한 평균과 표준오차를 구함에도 불구하고 더 우수하게 나타났다. 뿐만 아니라 아날로그 데이터를 취득할 경우와 마찬가지로 개할지와 준개할지 모두 자료 취득률이 높았다.

3.3 DGPS/IMU 결합 관측

각 시스템을 분리하여 이동체의 자세 결정 및 동적 위치 결정 결과값을 바탕으로 약결합 방법을 통해 각 시

템에서 얻어진 이동체의 항법해(위치, 속도)를 구하고 이를 기본으로 오차 보상 필터를 구동하여 IMU 오차를 보상하였다. 출력신호를 제어, 수정 입력측에 돌려 확정형 칼만 필터를 적용하고, 속도가 Zero 일 때 시간에 대한 잔차 보정식을 적용하여 관측 대상지에서 실험을 행하였다. 개할지와 준개할지로 구분하여 DGPS기법과 AHRS IMU 센서의 칼만 필터링 한 데이터를 결합하고 초기값으로 하여 수치지도와 최적 궤적에 접목하여 구한 이동체의 궤적을 Fig. 22과 Fig. 23에 도시하였다.

개할지에서는 DGPS 단독 시스템으로도 우수한 성과를 얻을 수 있었으나 속도의 증가와 동적 데이터 취득률이 떨어지는 단점을 결합시스템에 의해 정확도와 데이터 취득률, 그리고 속도에 대한 영향이 향상됨을 알 수 있었다. 개할지에서는 여러 중복 구간들을 포함해 총 거리는 988.33m로써 이동체의 속도가 40~50km/hr로 결

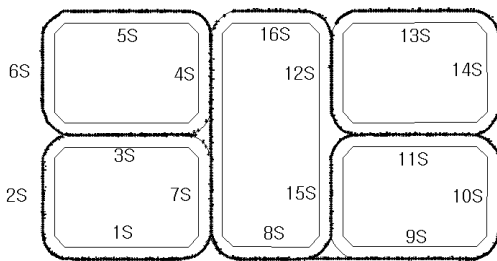


Fig. 22 Trajectory of Open Area.

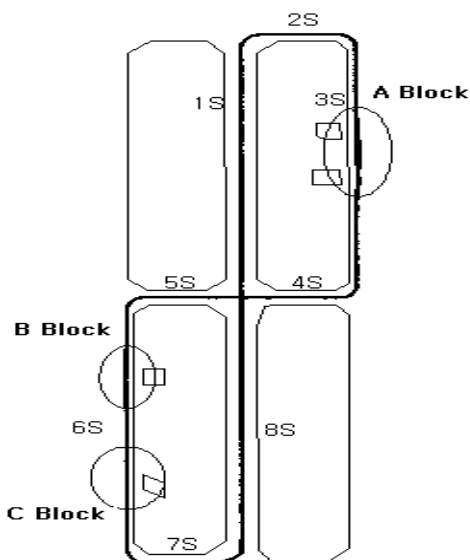


Fig. 23 Trajectory of Semi-Open Area.

합 시스템의 데이터 총 취득량은 5,820EA로써, DGPS 단독 시스템 보다 51.5배 가량 많은 데이터를 취득할 수 있었다.

준개할지에서는 총 거리는 1,283.75m로써, 이동체의 속도는 개할지와 동일하게 40~50km/hr로 결합 시스템의 데이터 총 취득량 8,419EA와는 45.3배 가량 많은 데이터를 취득할 수 있었다.

Table 6은 각 구간별 전체 평균과 표준오차를 나타내었으며, A, B, C 구간의 최적 궤적에 잔차에 대한 전체 평균과 표준오차를 나타내었다.

Table 6 Mean and RMSE of Test Area.

	Open Area		Semi-Open Area	
	Mean(m)	RMSE(m)	Mean(m)	RMSE(m)
1section	0.014	0.009	-0.104	0.006
2section	0.017	0.007	-0.214	0.023
3section	-0.072	0.008	-0.314	0.028
4section	-0.165	0.019	-0.061	0.010
5section	-0.014	0.004	-0.212	0.022
6section	0.040	0.008	-0.024	0.013
7section	-0.137	0.028	0.046	0.006
8section	0.028	0.011	0.046	0.003
9section	-0.049	0.008		
10section	-0.022	0.006		
11section	-0.025	0.007		
12section	-0.152	0.020		
13section	-0.050	0.002		
14section	-0.095	0.012		
15section	0.040	0.006		
16section	-0.012	0.008		
A구간			-1.523	0.182
B구간			0.754	0.068
C구간			-0.083	0.013

여기서 DGPS 단독 시스템을 운용하였을 때 개할지와 준개할지에서 취득한 데이터보다 DGPS와 IMU 센서를 이용하여 궤적을 결정한 정확도가 보다 더 향상된 것을 알 수 있었다.

4. 결론

DGPS/IMU 결합에 의한 자세 및 동적 위치 결정을 위해 위성신호를 원활하게 취득할 수 있는 개할지와 도

심지, 공장지대 등 위성신호의 수신이 어려운 유사한 준개할지를 실험 장소로 택하여 실시간 DGPS 단독 시스템, IMU 단독 시스템, DGPS/IMU 결합 시스템으로 구분하여 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. IMU 센서를 이용하여 시간의 변화에 대한 자세각의 보정량을 실험을 통하여 산정한 결과 2차 다항식을 유도할 수 있었으며, Heading 각의 경우 60sec를 지난 후 1°이내의 변동률로 안정을 찾았다.
2. 개할지에서 최적의 궤적에 대한 잔차 평균과 표준오차에서 수치지도작성 작업내규에 의한 지도에서 위치 오차가 0.2mm일 경우의 수치도화 표준오차와 비교하였을 때 세 시스템 모두 1 : 5,000 이내의 정확도를 가진 동적 위치 결정으로도 가능할 것이 사료되며, 특히 DGPS 단독 시스템의 경우 정확도면에서는 우수하였지만 속도에 따른 데이터 취득이 미비하였으며, 두 시스템을 결합했을 때는 정확도뿐만 아니라 데이터 취득이 우수함을 알 수 있었다.
3. 준개할지에서 DGPS 단독 시스템의 경우 데이터 취득이 불가능한 곳을 제외하고 평균과 표준 오차를 구한 결과 DGPS 단독 시스템 < FIMU 단독 시스템 < DGPS/IMU 시스템 순으로 정확도가 우수함을 알 수 있었다. 여기서 FIMU는 전체 데이터를 이용하여 산출하였다. 특히 결합시스템의 경우에는 데이터 취득에 있어 0.2m 정도의 간격으로 취득할 수 있었으며 DGPS 단독 시스템에서는 12.0m 정도의 간격으로 데이터를 취득할 수 있었다.
4. 준개할지에서는 주위 환경의 지장물에 의해 데이터 취득 불가능한 곳을 구분하였으며, DGPS 단독 시스템의 경우 최대 41.5m 가량 궤적에서 벗어나는 것을 알 수 있었다. 두 시스템을 결합하였을 때 최대 2.2m 이내에 이동체의 궤적을 구할 수 있었으며, 평균과 표

준오차를 크게 향상시킬 수 있었다.

5. 두 항법 시스템을 결합하여 측량분야에 응용해 본 결과 국토지리정보원 수치지도 작성 작업내규에 의한 수치도화 표준오차를 기준으로 지도에서 위치오차가 0.2mm일 경우에도 축척 1 : 1,000 수치지도 작업까지도 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

“이 논문은 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임”(R05-2003-000-11032-0)

참고문헌

- French, R. L., From Chimese Chariots to Smart Cars : 2000 Years of Vehicular Navigation Journal of the Institute of Navigation, Vol. 42, No. 1, 1995, pp. 235-258.
- Kayton, M. Navigation : Land, Sea, Air, & Space IEEE Press, 1990, pp. 12-17.
- Parkinson, B., T. Stansell, R. Beard and K. Gromov. A History of Satellite Navigation. NAVIGATION : journal of the Institute of Navigation, Vol. 42, No. 1, 1995 pp. 109-164.
- Kachmar, P. M., and L. Wood., Space Navigation Application. Navigation : Journal of Institute of Navigation, Vol. 42, No. 1, 1995, pp. 187-234.
- Kalafus, R. M., J. Vilcans N. Knable., Differential Operation of NAVSTAR GPS, Navigation : Journal of the Institute of Navigation, Vol. 30, No. 3, 1983, pp. 187-204.
- 이영재, 지규인, 박찬식, 김일선, 이장규, 김춘식., DGPS를 이용한 위치측정 실험. 제 2 회 GPS 워크샵 논문집, 대전, 1995.
- 이장규 외 GPS와 통신망을 이용한 이동체 종합 관제시스템 개발 연구 3차년도 최종보고서. 한국통신 연구개발원, 1995.
- 박운용, 이재원, 신상철, “GPS 연속관측점을 이용한 결합블럭 조정의 정확도”, 한국측지학회지, 제 17 권 제 1 호, 1999, pp. 21-32.